

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2008

IRENA JANEČKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: Technologie a řízení oděvní výroby

POROVNÁNÍ METOD PRO HODNOCENÍ TEPELNÉ PROPUSTNOSTI U PLOŠNÝCH TEXTILIÍ

COMPARISON OF METHODS FOR CLASSIFICATION HEAT PERMEABILITY SPREAD TEXTILES

Irena Janečková

KOD-277

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Olena Loshchytska

Rozsah práce:

Počet stran textu ...45

Počet obrázků17

Počet tabulek4

Počet grafů.....7

Počet stran příloh..1

Zadání bakalářské práce

(vložit originál)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Oleně Loshchytské za odborné vedení práce a mnoho cenných rad a podnětů. Rovněž děkuji Ing. Rudolfu Třešňákovi za pomoc při realizaci experimentu. Poděkování patří i mé rodině a přátelům, kteří mi poskytovali cennou podporu a byli mi oporou po celou dobu studia.

ANOTACE

Předkládaná bakalářská práce se zabývá hodnocením metod tepelné propustnosti plošných textilií. Jsou zde popsány jednotlivé metody zjišťování tepelné propustnosti. Měření tepelné propustnosti plošných textilií se provádělo na přístrojích PSM-2 Skin model, SDL M 259 Togmeter, Alambeta umístěných na KOD. Pro experiment byly vybrány oděvní materiály, které se používají na svrchní oblečení.

KLÍČOVÁ SLOVA:

tepelná propustnost, tepelný odpor, tepelný tok, plošná textilie

ANNOTATION

This bachelor work deal with classification of methods heat permeability spread textiles. Individual methods heat permeability is described here. Metering heat permeability spread textiles was practiced on instrument PSM-2 Skin model, SDL M 259 Togmeter, Alambeta. These instruments are situated in laboratory KOD. Clothing materials which are used on upper wear are chosen for experiment.

KEY WORDS:

heat permeability, thermal resistance, heat flux, spread textile

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

atd.	a tak dále
č.	číslo
např.	například
obr.	obrázek
popř.	popřípadě
resp.	respektive
tj.	to jest
tzn.	tak zvaný
CO	bavlna
CV	viskóza
EL	elastan
PES	polyester
a	měrná tepelná vodivost
b	tepelná jímavost
h	tloušťka
q, Φ	tepelný tok
s	směrodatná odchylka
v	variační koeficient
3K	soustava organismus-oděv-prostředí
S, A	plocha
Q	teplo
T	teplota
R	tepelný odpor
λ	tepelná vodivost
φ	relativní vlhkost
cp	tepelná kapacita
τ , t	čas
grad ϑ	gradient teploty
[°C]	stupeň Celsia
[g]	gram

[J]	Joule
[mm]	milimetr
[m ²]	metr čtverečný
[kg]	kilogram
[K]	Kelvin
[kg]	kilogram
[Pa]	Pascal
[s]	vteřina
[W]	Watt
[%]	procento

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk.....	6
Úvod.....	10
1 Termoregulace organismu	11
1.1 Lidské tělo a jeho teplota	11
1.2 Princip termoregulace	12
1.3 Soustava organismus-oděv-prostředí	13
1.3.1 Organismus	13
1.3.2 Oděv	13
1.3.3 Prostředí	14
1.4 Přenos tepla mezi organismem a okolním prostředím.....	14
1.4.1 Přenos tepla vedením (kondukce).....	15
1.4.2 Přenos tepla prouděním (konvekce)	15
1.4.3 Přenos tepla zářením (radiace).....	16
1.4.4 Přenos tepla odpařováním (evaporace).....	17
1.4.5 Přenos tepla dýcháním (respirace).....	17
2 Vlastnosti oděvních materiálů	19
2.1 Tepelně izolační vlastnosti.....	19
2.2 Propustnost plošných textilií.....	20
2.2.1 Tepelná propustnost plošných textilií.....	20
2.3 Měření průchodu tepla za nestacionárních podmínek	22
2.3.1 Měření válcovou metodou	22
2.4 Měření průchodu tepla za stacionárních podmínek	23
2.4.1 Měření tepelného toku pomocí blokového zařízení.....	23
2.4.2 Měření tepelné propustnosti přístrojem TP-2	24
2.4.3 Měření tepelně izolačních vlastností přístrojem Alambeta.....	24
2.4.4 Měření tepelného odporu přístrojem P-TEST	26
2.4.5 Měření tepelného odporu přístrojem PSM-2 Skin-model	27
2.4.6 Měření tepelného odporu přístrojem SDL M 259 Togmeter	28
2.4.7 Měření tepelného odporu přístrojem SGHP-8.2	30
3 Experimentální část.....	32
3.1 Rozbor materiálů.....	32
3.2 Jednotlivé metody zjišťování tepelné propustnosti.....	33
3.2.1 Měření na přístroji PSM-2 Skin-model	33
3.2.2 Měření na přístroji SDL M 259 Togmeter.....	35
3.2.3 Měření na přístroji Alambeta	37
3.3 Tloušťka materiálu ve vztahu k tepelnému odporu	38

3.4	Porovnání použitých metod	41
3.4.1	Výhody a nevýhody použitých přístrojů.....	41
	Závěr	43
	Seznam použité literatury	44
	Seznam příloh	45

ÚVOD

Jednou z významných fyziologických vlastností, která má vliv na hodnocení textilií, je propustnost tepla. Tepelná propustnost spolu s ostatními vlastnostmi umožňuje regulaci oděvního mikroklima, které se nachází pod oděvem. Toto mikroklima působí nejen na subjektivní pocity člověka, ale i jeho pracovní výkonnost.

Tato bakalářská práce se věnuje hodnocení metod tepelné propustnosti plošných textilií. Práce je rozdělena do dvou částí.

První část se věnuje tvorbě tepla v organismu, jeho přenosy do okolí v soustavě organismus-oděv-prostředí. Zabývá se ještě zjišťováním tepelně izolačních vlastností oděvních materiálů a vysvětlováním principu termoregulace. Kromě toho tu jsou uvedeny jednotlivé metody měření tepelné propustnosti plošných textilií.

Druhá část přichází s návrhem experimentu. Jejím obsahem je popis zvolených oděvních materiálů, realizace jednotlivých metod měření tepelné propustnosti. Nedílnou součástí je i vyhodnocení výsledků experimentu.

1 TERMOREGULACE ORGANISMU

Jednou z hlavních úloh oděvu je zajistit nositeli pocit tepelné pohody, pohodlí. Aby tento stav byl dlouhodobý, je nutné udržet tepelnou rovnováhu těla a to tepelnou regulací organismu a použitím vhodného oděvu.

Termoregulace představuje schopnost organismu udržet stálou tělesnou teplotu v malém rozmezí bez ohledu na tepelné změny vnějšího nebo vnitřního prostředí.

Organismus člověka představuje samoregulační systém, který je pomocí fyziologického mechanismu zaměřen na udržování stálé tělesné teploty tím, že zajišťuje rovnováhu mezi množstvím tepla vytvořeným a množstvím tepla odevzdaným do prostoru. [3,7]

1.1 Lidské tělo a jeho teplota

U člověka se tělesná teplota pohybuje v rozmezí 36-37°C. Tato teplota není během dne konstantní, dochází ke změnám (nejnižší teplota je ráno a nejvyšší odpoledne).

Rozlišuje se teplota tělního obalu (zahrnuje kůži a podkožní svalstvo) a teplota tělního jádra (zahrnuje orgány břicha, hrudníku a vnitřní část svaloviny). Teplota tělního obalu je proměnlivější než teplota jádra. Svoji úlohu zde hraje teplota okolí. Jestliže se zvyšuje rozdíl teplot mezi tělem a prostředím, dochází k prochládání okrajových částí těla. Nejlépe definovaná teplota tělního obalu je teplota kůže. Nejvyšší kožní teplota bývá na zádech a na čele.

Informace o tělesné teplotě poskytují *termosenzory* (receptory), které jsou uloženy periferně v kůži (chladové a tepelné receptory) nebo centrálně (v hypothalamu). Odtud se řídí termoregulační mechanismy, které při zvýšení tělesné teploty teplo z těla zbavují, nebo při snížení tělesné teploty zvyšují výrobu tepla a snižují jeho ztráty.

Tvorba tepla v těle je závislá na činnosti metabolismu a svalů. Organismus, který je vystaven chladu, produkuje teplot pomocí tzv. svalového třasu.

K ochlazení organismu, který je vystaven nadměrnému teplu, dochází odpařováním potu vylučovaném prostřednictvím potních žláz v kůži. [1, 2, 3]

1.2 Princip termoregulace

Termoregulaci rozdělujeme podle dvojího druhu:

- chemická
- fyzikální

Chemická termoregulace představuje látkovou přeměnu, tedy intenzitu chemických reakcí a tudíž i tvorbu tepla. Je závislá na fyzické zátěži a činnosti organismu. Při namáhavé činnosti organismu dochází k největší produkci tepla. [5]

Fyzikální termoregulace vyjadřuje výdej tepla. Uskutečňuje se rozšiřováním a zužováním cév v pokožce. To má za následek zvýšení, nebo snížení tepelného spádu. Důsledkem rozšiřování cév v pokožce je větší sdílení tepla do okolního prostředí. Je to z důvodu zvýšené tepelné vodivosti tkání, teploty pokožky a tepelný spád se zvětšuje odpařováním vody. Naopak při zužování cév dochází ke snížení tepelné vodivosti tkání a tepelný spád klesá. [7]

Obecně lze tepelnou rovnováhu člověka vyjádřit rovnicí, která vymezuje celkový tepelný výkon organismu (množství tepla) předaného určitou plochou za jednotku času, jako součet dílčích tepelných výkonů. Všechny složky rovnice jsou uvedeny za jednotku času $t[s]$, tzn. $J/s \equiv W$. [4]

Rovnice tepelné bilance:

$$Q_B + Q_F = Q_v + Q_s + Q_p + Q_d + Q_o + Q_n \pm \Delta Q \quad (1)$$

Kde:

Q_B – množství tepla produkovaného organismem [J]

Q_F – množství tepla přijaté z okolí [J]

Q_v – ztráty tepla vedením [J]

Q_s – ztráty tepla sáláním [J]

Q_p – ztráty tepla prouděním [J]

Q_d – ztráty tepla dýcháním [J]

Q_o – ztráty tepla odpařováním z povrchu pokožky [J]

Q_n – ostatní formy energie (tepelné ztráty na ohřev vydechovaného vzduchu, na odpaření potu, atd.) [J]

ΔQ – změna tepelného stavu organismu proti stavu tepelné pohody [J]

1.3 Soustava organismus-oděv-prostředí

Soustava organismus-oděv-prostředí (3K), je hlavním předmětem fyziologie odívání. Pod pojmem fyziologie odívání si lze představit obor, který se zabývá zkoumáním fyzikálních zákonů pro regulaci přenosu tepla a vlhkosti za speciálních klimatických, popř. pracovních podmínek.

Pro získávání poznatků z této oblasti je potřebná znalost mechanismů řízení tělesné teploty a výdeje v soustavě 3K. Musí být zajištěna rovnováha mezi množstvím tepla vyráběným organismem a množstvím tepla přenášeným organismem do okolí. Intenzita výdeje tepla organismu se zvětšuje s jeho tělesným zatížením. [4]

1.3.1 Organismus

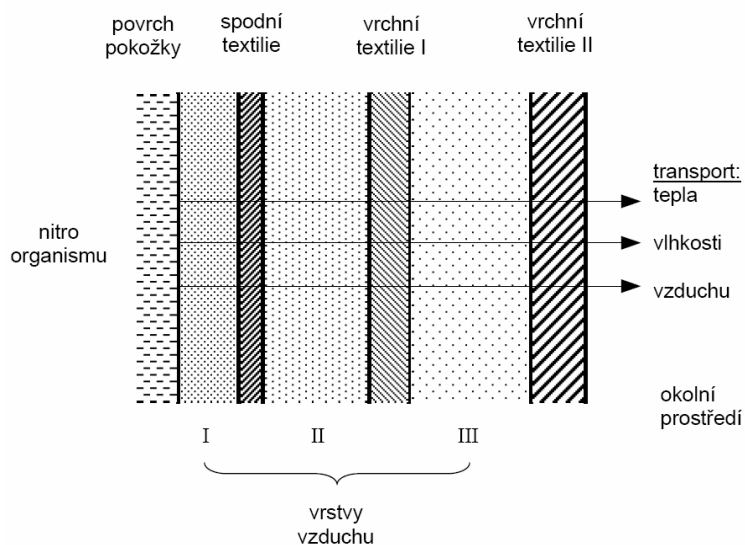
Lidské tělo si lze představit jako „tepelný stroj“, kde na základě složitých metabolických pochodů dochází k výdeji a příjmu tepla. To je základ termoregulačních procesů, které jsou závislé na činnosti organismu a prostředí, v němž se nacházejí. [4]

1.3.2 Oděv

Oděv je vrstva, ve které dochází k prostupu tepla a vlhkosti. Prostup je závislý na několika parametrech jako je konstrukce, střih, použitý materiál.

Oděv se často skládá z několika oděvních mezivrstev, ty vytvoří oděvní systém znázorněný na obr.1. Každá oděvní mezivrstva se jeví jako základní jednotka oděvního systému, který se skládá z vrstvy volného vzduchu mezi tělem a textilií popř. mezi dvěma textiliemi, vrstvy textilie a vrstvy vzduchu uzavřeného v textilií.

Protože se všechny tři vrstvy účastní odvodu tepla, vlhkosti, vzduchu, nelze je posuzovat jednotlivě, ale jako celek. Jedna vrstva totiž ovlivňuje stav druhé, resp. třetí a naopak. [5]



Obr.1: Oděvní systém složený z mezivrstev textilie [6]

1.3.3 Prostředí

Vnější prostředí představuje podmínky, ve kterých je organismus umístěn. Tyto podmínky zahrnují dvě oblasti:

- zeměpisné podnebí
- pracovní prostředí

Zeměpisné podnebí vymezuje typ a tepelně-izolační hodnotu oděvu u člověka pohybujícího se ve vnějším prostředí příslušného zeměpisného pásma. Při pohybu člověka ve vnitřním prostředí, tj. uvnitř budovy, přichází na řadu oblast pracovního prostředí. S tím souvisí i použití i vhodného pracovního oděvu, který je konstrukčně řešen pro dané prostředí a jehož hodnoty tepelné izolace jsou nejvýhodnější. Je to proto, aby vhodně oblečený člověk v tomto prostředí podal maximální tělesný nebo duševní výkon. [4]

1.4 Přenos tepla mezi organismem a okolním prostředím

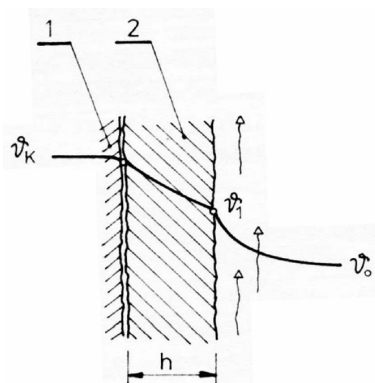
Přenos tepla mezi organismem a okolním prostředím se uskutečňuje těmito způsoby:

- vedením (kondukcí)
- prouděním (konvekcí)
- sáláním (radiací)

- odpařováním (evaporací)
- dýcháním (respirací) [4]

1.4.1 Přenos tepla vedením (kondukce)

Podstatou kondukce je vyrovnávání teplot teplejší látky (organismus) s chladnější (okolí), protože těsně přiléhající oděv k tělu odnímá teplo kontaktním způsobem (obr.2). Rychlost přenosu tepla je závislá na teplotě okolí, tloušťce vrstvy, množstvím statického vzduchu v textilií a vnějším pohybu vzduchu. [4]



Obr.2: Kondukce- 1-pokožka, 2-textilní vrstva, h - tloušťka textilní vrstvy, t_k - teplota pokožky, t_1 - teplota vnější vrstvy oděvu, t_o - teplota okolí [6]

K přenosu tepla dochází podle Fourierova zákona:

$$q = -\lambda \frac{\Delta t}{\Delta x} \quad (2)$$

Kde:

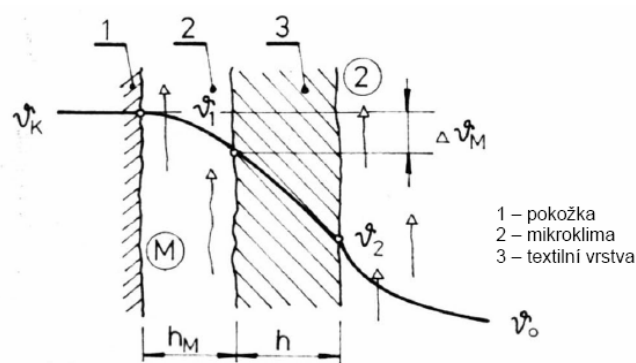
q - tepelný tok [W/m^2]

λ - tepelná vodivost [$\text{W/m} \cdot \text{K}$]

$\Delta t / \Delta x$ - teplotní gradient

1.4.2 Přenos tepla prouděním (konvekce)

Mezi povrchem pokožky a vrstvou textilie se vytváří tepelná mezivrstva (mikroklima), ve které dochází k teplotnímu spádu (obr.3). Tloušťka mezivrstvy je závislá na způsobu proudění tekutiny. Rozlišujeme laminární proudění, při kterém tloušťka mezivrstvy stoupá, a turbulentní, kde naopak dochází ke klesání tloušťky mezivrstvy. [5]



Obr.3: Konvekce- 1- pokožka, 2- mikroklima, 3- textilní vrstva, h - tloušťka textilní vrstvy, h_M - tloušťka mezivrstvy [6]

Hodnota transportovaného tepla je vyjádřena následujícím výrazem:

$$Q_p = \alpha_p * S * [(v_k - v_1) + (v_2 - v_o)] [J/s] \quad (3)$$

Kde:

α_p - koeficient přestupu tepla [W/m^2K]

v_1 - teplota vnitřní strany textilie [$^{\circ}C$]

v_2 - teplota vnější stran textilie [$^{\circ}C$] [4]

1.4.3 Přenos tepla zářením (radiace)

Všechna tělesa vydávají infračervené záření prostřednictvím kterého je teplo předávané z pokožky do okolí. Přenos tepla je závislý na teplotě a vlhkosti okolí a odhalení lidského těla. Jestliže je teplota organismu vyšší než teplota okolí, dochází ke koeficientu záření, jinak nastává situace příjmu tepla. Radiace se vyjadřuje pomocí Stefan-Boltzmannova zákona: [4]

$$Q_z = \alpha_z * S * \left[\left(\frac{273 - v_k}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + v_o}{100} \right)^4 \right] [J/s] \quad (4)$$

Kde:

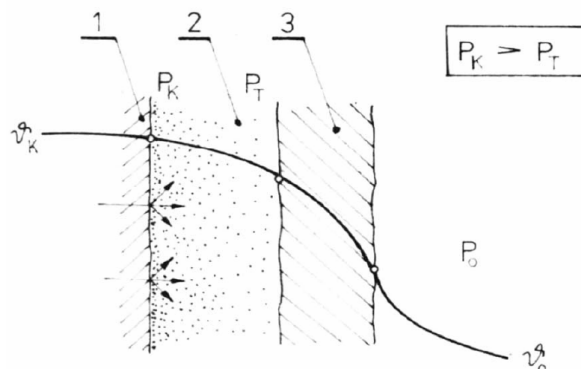
α_z - koeficient záření [W^*/m^2K]

v_k - teplota pokožky [$^{\circ}C$]

v_o - teplota okolí [$^{\circ}C$]

1.4.4 Přenos tepla odpařováním (evaporace)

K přenosu tepla odpařováním dochází v případě přehřátí organismu. Odparné teplo je teplo, jež se vytrácí z pokožky těla nepostřehnutelným pocením. Odparné teplo (obr.4) závisí na měrném skupenství výparného tepla a na rozdílu parciálních tlaků vodních par $\Delta p = p_k - p_o$. Svůj význam zde mají sorpční a transportní vlastnosti vrstev textilie, proto odpařování je největší u neoblečeného organismu.



Obr.4: Evaporace: 1-pokožka, 2- vrstva vzduchu, 3- textilie [6]

Evaporaci lze vyjádřit vztahem:

$$Q_o = \Delta i * m_k * S * (p_k - p_o) \left[J / s \right] \quad p_k > p_o \quad (5)$$

Kde:

Δi - měrné výparné skupenské teplo [J]

m_k - propustnost kůže [kg/s*m²*Pa]

p_k - tlak pára při určité teplotě kůže v mezivrstvě [Pa]

p_o - tlak okolního vzduchu [Pa]

[4]

1.4.5 Přenos tepla dýcháním (respirace)

Velikost odvodu tepla dýcháním je dána rozdílem množství vdechovaných a vydechovaných vodních par.

Pro respiraci platí, že:

$$Q_d = \Delta i (W_{ex} - W_a) * \frac{1}{t} \left[J / s \right] \quad (6)$$

Kde:

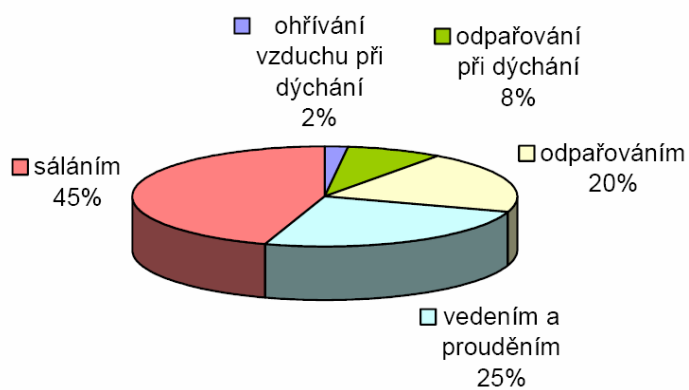
W_{ex} - množství vdechovaných vodních par [kg]

W_a - množství vydechovaných par [kg]

t - čas [s]

Δi - měrné výparné skupenské teplo [J] [4]

Všech pět zmíněných způsobů odvodu tepla (obr.5) z organismu má podíl na fyzikální termoregulaci, proto jejich součet musí být roven množství tepla vyrobeného organismem metabolickými pochody. [4]



Obr.5: Ztráty tepla organismu za běžných podmínek [6]

2 VLASTNOSTI ODĚVNÍCH MATERIÁLŮ

Textilie, z nichž jsou oděvy zhotoveny, musí splňovat především ty podmínky, které jsou během užívání kladeny na oděv. Proto oděvní textilie musí vykazovat vyhovující užité a zpracovatelské vlastnosti.

Fyziologické vlastnosti (prodyšnost, nasákavost, tepelně izolační vlastnosti, propustnost vodních par) patří do skupiny užitečných vlastností. Fyziologické vlastnosti určují, zda oděv vyhovuje hygienickým požadavkům na něj kladených. Tyto vlastnosti umožňují regulaci oděvního mikroklima, a tím ovlivňují pocit pohodlí při nošení, pracovní schopnosti atd. [4]

2.1 Tepelně izolační vlastnosti

Tepelně izolační vlastnosti textilií jsou závislé na druhu vlákenné suroviny a struktuře textilie (resp. na množství vzduchu obsaženého v prostorech mezi vlákny v upředené přízi a ve struktuře textilie). [6]

Tepelně izolační schopnosti materiálu jsou ještě závislé na součiniteli tepelné vodivosti materiálu. Čím větší je tepelná vodivost materiálu, tím menší je tepelný odpor, tzn. materiál méně izoluje. [4, 6]

Tepelná vodivost λ

Vyjadřuje se součinitelem tepelné vodivosti λ . Jedná se o množství tepla prošlého v ustáleném stavu jednotkovým průřezem při jednotkovém teplotním gradientu. Je to tedy schopnost látky vést teplo za ustálených podmínek, kdy je tepelný tok ustálen tak, že nedochází uvnitř látky ke změnám rozložení teplot v závislosti na čase. [8]

$$Q = \frac{-\lambda * S * t * \Delta T}{h} \quad (7)$$

Kde:

Q - množství přivedeného tepla [J]

λ - koeficient tepelné vodivosti [W/m·K]

S - plocha textilie [m²]

t - čas [s]

ΔT - rozdíl teplot napovrch textilie [K]

h - tloušťka textilie [m]

Tepelný odpor R

Jedná se o převrácenou hodnotu množství tepla prošlého za jednotkový čas jednotkovou plochou při jednotkovém teplotním spádu. Tepelný odpor závisí na vazbě textilie, nezávisí na vlákenném složení. S větší vlhkostí tepelný odpor textilie klesá. S větší tloušťkou oděvní vrstvy materiálů se zvětšuje i tepelný odpor. [8]

$$R = \frac{\Delta T}{Q} = \frac{h}{\lambda}$$

(8)

Kde:

R- tepelný odpor [K/W·m²] ΔT - rozdíl teplot napovrch textilie [K]

Q - množství přivedeného tepla [J]

h - tloušťka textilie [m]

 λ - koeficient tepelné vodivosti [W/m·K]**2.2 Propustnost plošných textilií**

Pojem propustnost znamená prostup určitého média (např. vlhkost, teplota) přes vrstvu textilie, tj. její plochu. Jednou z nejdůležitějších vlastností oděvů je zajistit nositeli pocit tepelné pohody, chránit před zimou, odvádět vlhkost z organismu. Vlastnosti jako je propustnost vody, vodních par, tepla, vzduchu umožňují regulovat oděvní mikroklima, které má zásadní vliv na subjektivní pocity člověka.

K žádné z propustností nedochází pouze jednotlivě, téměř vždy se jedná o prostup kombinovaný, např. k prostupu vlhkosti se přidružuje i prostup vzduchu či tepla. [4]

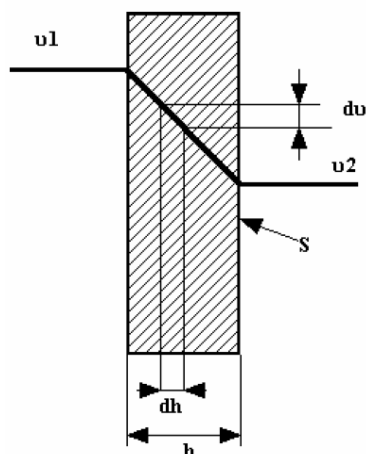
2.2.1 Tepelná propustnost plošných textilií

Množství tepla, které prochází plošnou textilií, je určeno gradientem teploty (obr.6). Gradient teploty je hodnota tepelného spádu vymezující rychlost průniku tepla.

$$\text{grad } \vartheta = \frac{d\vartheta}{dh} = \frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{h} \quad (9)$$

Kde:

grad ϑ - gradient teploty [°C/m] ϑ_1 - teplota vnitřní strany textilie [°C] ϑ_2 - teplota vnější strany textilie [°C]



Obr.6 : Prostup tepla [19]

Šíření tepla probíhá směrem záporného gradientu, z toho lze určit tepelný tok.
Rovnice tepelného toku:

$$q = -\lambda * grad \vartheta$$

(10)

Kde:

 q - tepelný tok [$J/s * m^2$] λ - měrná tepelná vodivost [$W/m * K$]

Celkové množství tepla, které projde plochou textilie, je možné vyjádřit vztahem:

$$Q = \Phi * S * t \quad (11)$$

Kde:

 Q - prošlé teplo [J] S - plocha textilie [m^2] t - čas [s]

[19]

K průchodu tepla přes vrstvu oděvního materiálu dochází za stacionárních a nestacionárních podmínek. Při těchto podmínkách se měří průchod tepla u jednotlivých vrstev.

K tepelnému toku u oděvních materiálů, které jsou součástí oděvu a jsou posazeny do soustavy organismus-oděv-prostředí, dochází většinou za nestacionárních

podmínek. To je způsobeno vlhkostí a tím, že teplota pokožky není všude stejná. K výskytu stacionárních podmínek dochází výjimečně.

Pro měření průchodu tepla u jednotlivých textilií jsou vyvinuty metody, které se měří za stacionárních a nestacionárních podmínek. Zajistit stacionární podmínky při měření prostupu tepla je velmi obtížné, proto se prostup tepla měří za stacionárních podmínek.

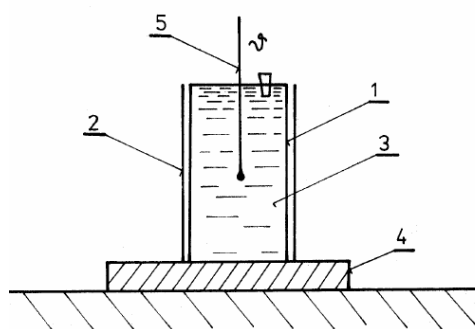
Celý oděv se skládá z několika vrstev, v nichž je uzavřen vzduch. Výsledkem toho je nízká tepelná vodivost. Pro měření průchodu tepla celým oděvem jsou zkoušené osoby umístěny do bioklimatických komor. [4, 14]

2.3 Měření průchodu tepla za nestacionárních podmínek

Tyto podmínky jsou založeny na postupném ochlazování povrchu měřeného tělesa. Okolní podmínky a druh měřené textilie, který je přiložen na měřený povrch, mají zásadní vliv na rychlost ochlazování. [4]

2.3.1 Měření válcovou metodou

Na nádobu ve tvaru válce je navlečená sešitá textilie. Do nádoby je nalita voda o teplotě 80°C, nádoba je postavena na tepelně izolační podložku (obr.7). Pomocí teploměru se měří pokles teploty.



Obr.7: Válcová metoda: 1- nádoba, 2- textilie, 3- voda, 4- izolační podložka, 5- teploměr [4]

Zjišťované parametry:

- rozdíl času, který je potřebný k ochlazení válce z 50°C na 40°C
- konstanta rychlosti ochlazování
- koeficient prostupu tepla

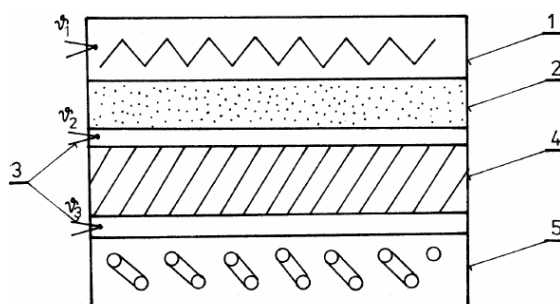
[4]

2.4 Měření průchodu tepla za stacionárních podmínek

Tyto metody jsou založeny na měření teploty, kdy je tepelný tok ustálen.

2.4.1 Měření tepelného toku pomocí blokového zařízení

Textilie je zkoušena v uzavřeném bloku, ve kterém jsou nainstalovány teploměry pro měření teplot ϑ_1 , ϑ_2 , ϑ_3 (obr.8). Vrstva textilie je vložena mezi dvě měděné desky. Vrchní měděná deska je oddělena od odporového topného článku (ohřevní části) korkovou vrstvou, spodní měděná deska je uložena na chladiči, který vytváří v celém bloku teplotní spád. [4]



Obr.8: Blokové zařízení: 1- odporový topný článek, 2- korková vrstva, 3- měděné desky, 4- vrstva textilie, 5- chladič, ϑ_1 - teplota topného článku, ϑ_2, ϑ_3 - teplota měděných desek[4]

Tepelný tok je vyjádřen vztahem:

$$Q = \lambda_K \frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{h_K} = \lambda_T \frac{\vartheta_2 - \vartheta_3}{h_T} \quad (12)$$

Kde:

ϑ_1 - teplota topného článku

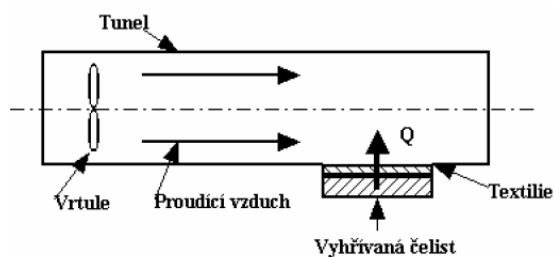
ϑ_2, ϑ_3 - teplota vrchní a spodní měděné desky

λ_K, λ_T - měrná tepelná vodivost korku a textilie

h_K, h_T - tloušťka korku a textilie

2.4.2 Měření tepelné propustnosti přístrojem TP-2

Přístroj TP-2 slouží k zjišťování množství energie, kterou je nezbytné dodat vzorku, potřebné k realizaci tepelného toku. Do vzduchového tunelu (obr.9), ve kterém proudí vzduch o rychlosti 3m/s, se na vyhřívané čelisti umístí vzorek textilie. Je-li tepelný tok ustálen, odečte se množství energie potřebné k vyhřátí čelistí. [8]



Obr.9: Schéma přístroje TP-2 [8]

2.4.3 Měření tepelně izolačních vlastností přístrojem Alambeta

Přístroj Alambeta (obr. 10) se používá na měření tepelně izolačních vlastností textilií, popř. i jiných netextilních materiálů. Výsledky souboru měření jsou vyhodnoceny statisticky, dále se vypočítává průměr a variační koeficient. Postup měření se provádí dle interní normy 23-304-02/01.

Tepelný tok se měří pomocí kovového bloku v hlavici přístroje. Měřicí hlavice je zahřátá na teplotu 32°C (odpovídá průměrné teplotě lidské pokožky), vzorek textilie, který je umístěn na základně přístroje, má teplotu 22°C. Po zahájení měření poklesne měřicí hlavice a dotkne se povrchu vzorku textilie. V tomto okamžiku nastane změna povrchové teploty vzorku a počítač začne zaznamenávat průběh tepelného toku. Současně dochází k měření tloušťky textilie fotoelektronickým senzorem. [5]



Obr.10: Přístroj Alambeta

Měřené parametry:

- tloušťka materiálu h [mm]
- měrná tepelná vodivost λ [W/m*K], hodnota udávaná přístrojem Alambeta se musí dělit 10^3
- plošný odpor vedení tepla r [K*m²/W], hodnota udávaná přístrojem Alambeta se musí dělit 10^3
- tepelný tok q [W/m²]: množství tepla šířící se z hlavičky přístroje o teplotě t_2 do textilie o počáteční teplotě t_1 za jednotku času; platí, že:

$$q = b \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{\pi * \tau}} \quad (13)$$

- měrná teplotní vodivost a [m²/s]: schopnost látky vyrovnávat teplotní změny, čím je měrná teplotní vodivost větší, tím látka rychleji vyrovnává teplotu; platí, že:

$$a = \frac{\lambda}{c * \rho} \quad (14)$$

- součin $c\rho$ [J/kg*K]: jedná se o množství tepla potřebného k ohřátí 1kg látky o 1K, se zvyšující se teplotou měrná tepelná kapacita roste, hodnota udávaná přístrojem Alambeta se musí dělit 10^6

$$c\rho = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (15)$$

- tepelná jímavost b [W*s^{1/2}/m²K]: jedná se o množství tepla, které projde jednotkou plochy při rozdílu teplot 1K za jednotku času v důsledku akumulace tepla v jednotkovém objemu; platí, že:

$$b = \sqrt{\lambda * \rho * c} \quad (16)$$

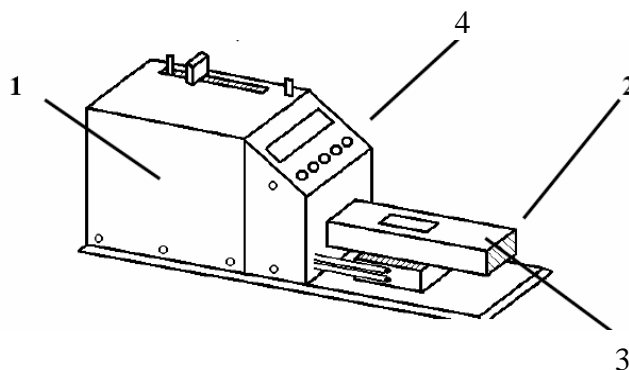
[5]

2.4.4 Měření tepelného odporu přístrojem P-TEST

Jedná se o poloautomatický přístroj (obr.11) na měření tepelného a výparného odporu a relativní propustnosti vodní páry textilií v programu PERMTERM na počítači. Stanovení termofyziologických vlastností textilií se uskutečňuje podle interní normy 23-304-01/01. Lze zde navolit počáteční parametry: teplotu hlavice, rychlost vzduchu v měřicím kanálu, stupeň zavlhčování hlavice. Výsledné hodnoty se zobrazují na displeji.

Při měření tepelného odporu vzorku textilie je měřicí hlavice suchá a udržována na teplotě o 10~20°C vyšší než je teplota okolního vzduchu. Zaznamenává se hodnota tepelného toku, který je odváděn ze vzorku konvekcí do okolního proudícího vzduchu.

Od výsledného tepelného odporu je nutné odečíst tepelný odpor měřicího povrchu bez vzorku. [9]



Obr.11: Přístroj P-TEST: 1- skříň elektroniky, 2- kanál, 3- měřicí hlavice, 4- ovládací panel [9]

Tepelný odpor je dán vztahem:

$$R_{ct} = \frac{t_m - t_a}{q_v - q_o} \quad (17)$$

Kde:

R_{ct} - tepelný odpor [$\text{m}^2\text{K/W}$]

t_m - teplota povrchu měřicí hlavice [$^{\circ}\text{C}$]

t_a - teplota vzduchu proudícího kanálem podél měřicí hlavice [$^{\circ}\text{C}$]

q_v - tepelný tok procházející měřicí hlavici zakrytou vzorkem textilie [W/m^2]

q_o - tepelný tok procházející měřicí hlavici nezakrytou vzorkem textilie [W/m^2] [14]

Vzorek textilie se vkládá na měřicí hlavici, která má nastavenou teplotu, při zvolené rychlosti proudu vzduchu. Tepelný tok je odváděn z hlavice a je registrován počítačem. Proud vzduchu z ventilátoru obtéká měřenou textilií. V kanálu je umístěn snímač teploty a snímač relativní vlhkosti vzduchu.

Nejprve se měří bez vzorku a teprve po ustálení stavu referenční fáze se vkládá vzorek textilie do měřicího prostoru přístroje. [9]

2.4.5 Měření tepelného odolnosti přístrojem PSM-2 Skin-model

Přístroj PSM-2 Skin-model (obr.12) je určen k měření tepelného odolnosti a odolnosti vůči vodním parám textilií používaných v odívání za předem stanovených podmínek, které simulují lidskou kůži. Postup měření probíhá v souladu s ČSN EN 310 92.

Měření zkušebních vzorků se uskutečňuje v klimatizované laboratoři a je řízeno pomocí počítačového softwaru. Zkušební vzorek textilie je rámečkem upevněn na měřicí podložku a zakrytý víkem. V měřicím prostoru je testovací podložka udržovaná na teplotě 35°C. Po spuštění měření prochází tok tepla z podložky přes zkušební vzorek do vzduchového kanálu, kde kontaktním způsobem proudí vzduch o rychlosti 1m/s. Pomocí počítače se zaznamenává celý průběh měření, výsledky se vypočítávají a ukládají. [10]



Obr.12: Přístroje PSM-2

Výsledky měření jsou hodnoty: teplota membrány T_m [°C]

teplota vzduchu T_a [°C]

rychlost vzduchu v [m/s]

vlhkost vzduchu ϕ [%]

výhřevnost H [W]

tepelný odpor R_{ct} [$\text{m}^2\text{K/W}$]odolnost vůči vodním parám R_{et} [$\text{m}^2\text{Pa/W}$] [10]

Tepelná odolnost se určí jako rozdíl teplot mezi dvěma povrchy materiálu rozděleným výsledným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Pro výpočet tepelné odolnosti platí vztah:

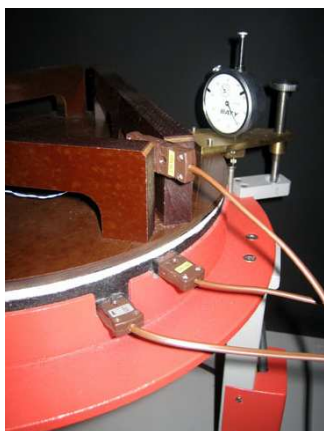
$$R_{ct} = \frac{(T_m - T_a) \cdot A}{H - \Delta H} - R_{ct0} \quad (18)$$

Kde:

 R_{ct} - tepelná odolnost [$\text{m}^2\text{K/W}$] T_m - teplota měřící jednotky [$^{\circ}\text{C}$] T_a - teplota vzduchu ve zkušebním prostoru [$^{\circ}\text{C}$] H - výhřevnost dodávaná měřící jednotce [W] ΔH - korekce pro výhřevnost při měření R_{ct} [W] A - plocha měřící jednotky [m^2] R_{ct0} - konstanta přístroje pro měření R_{ct} ; hodnota nezakryté destičky [$\text{m}^2\text{K/W}$]

2.4.6 Měření tepelného odporu přístrojem SDL M 259 Togmeter

Přístroj SDL M 259 Togmeter se používá pro stanovení tepelného odporu a tepelné vodivosti plošných textilií. Měření se provádí podle ISO 5085-1. Přístroj je vybaven teplotními čidly, topné těleso se ovládá pomocí digitálního ovladače teploty. Čidla spolu s topným tělesem jsou uložena ve skříni s řízeným proudem vzduchu (obr.13). Je nutné dopředu zjistit tloušťku vzorku textilie při přitlaku 6,9Pa. K získání této hodnoty se používá digitální tloušťkoměr SDL M034 A. [12]



Obr.13: Přístroj Togmeter [15]

Měření tepelného odporu probíhá dvěma metodami:

➤ Metoda měření se dvěma deskami

Zkušební vzorek textilie, který je předem klimatizovaný, se položí na spodní vyhřívanou desku. Poté se přiloží horní deska pod přtlakem 6,9Pa. Na třech tloušťkoměrech Togmetru se nastaví zjištěná tloušťka textilie při přtlaku 6,9Pa. Po ustálení stavu se odečtou hodnoty ze zapisovače dat ze všech tří čidel. Elektrická topná tělesa jsou nastavena na teplotu tak, že T2 registruje teplotu 304-308°K. Kolísání ve třech teplotních hladinách nesmí přesáhnout 0,1°C během doby ustalování. U této metody se nejdříve měří teploty bez vzorku. [12]

Tepelný odpor R_c bez vzorku lze vyjádřit vztahem:

$$R_c = R_s * \frac{\Theta_2 - \Theta_3}{\Theta_1 - \Theta_2} \quad (19)$$

Kde:

R_c - tepelný odpor [m²*K/W]

R_s - tepelný odpor „standardu“ (pro Togmeter KOD....0,112[m²*K/W])

Θ_1 - teplota zaznamenaná čidlem T1. [°C]

Θ_2 - teplota zaznamenaná čidlem T2 [°C]

Θ_3 - teplota zaznamenaná čidlem T3 [°C]

Rovnice pro tepelný odpor zkušební vzorku:

$$R_f = \left(\frac{\Theta'_2 - \Theta'_3}{\Theta'_1 - \Theta'_2} - \frac{\Theta_2 - \Theta_3}{\Theta_1 - \Theta_2} \right) * R_s \quad (20)$$

Kde:

R_f - tepelný odpor zkušební vzorku [m²*K/W]

Θ'_1 - teplota zaznamenaná čidlem T1 [°C]

Θ'_2 - teplota zaznamenaná čidlem T2 [°C]

Θ'_3 - teplota zaznamenaná čidlem T3 [°C] [13]

➤ Měření s jednou deskou

Vzorek textilie se položí na vyhřívanou desku, přičemž se nezakrývá vrchní strana horní deskou. Strany vzorku se olepí páskou. K měření proudícího vzduchu se používá čidlo, vrchní chladné desky, která je ponechána ve skříni. Hodnoty se odečítají po dosažení ustáleného stavu s přesností na 0,1°C. Je nutné opakovat zkoušku bez vzorku. [12]

Tepelný odpor zkušební vzorku je dán rovnicí:

$$\frac{R_f + R_c + R_a}{R_s} = \frac{\Theta''_2 - \Theta_a}{\Theta''_1 - \Theta''_2} \quad (21)$$

$$R_f = \left(\frac{\Theta''_2 - \Theta_a}{\Theta''_1 - \Theta''_2} - \frac{\Theta'''_2 - \Theta_a}{\Theta'''_1 - \Theta'''_2} \right) * R_s \quad (22)$$

Kde:

R_a - tepelný odpor okolního vzduchu [m²*K/W]

R_f - tepelný odpor zkoušeného vzorku [m²*K/W]

Θ''_1 - teplota zaznamenaná čidlem T1 [°C]

Θ''_2 - teplota zaznamenaná čidlem T2 [°C]

Θ_a - teplota zaznamenaná čidlem T3 [°C]

Θ'''_1 - teplota zaznamenaná čidlem T1 [°C]

Θ'''_2 - teplota zaznamenaná čidlem T2 [°C] [13]

2.4.7 Měření tepelného odporu přístrojem SGHP-8.2

Přístroj SGHP-8.2 (Sweating Guarded Hotplate) je určen pro měření tepelného odporu a odporu vůči vodním parám textilních materiálů (obr.14). Zařízení umožňuje automatizované testování plošných textilií v souladu s normami ISO 11092 a ASTM F1868. Celé zařízení je umístěno v klimatizační komoře s programovým osvětlením.

Vzorky o rozměru 30,5x30,5cm +/-1cm se pokládají na vytápěnou desku. Pro eliminaci okrajových ztrát vzniklých prouděním se okraje vzorku přilepují páskou. Zajistí se tak hladkého proudění vzduchu přes vzorek. V odklopném krytu vzduchového tunelu je nainstalovaný snímač proudění vzduchu. Pro nastavení správné vzdálenosti mezi snímačem a vzorkem se používá distanční podložka seřizovaná pomocí šroubových zvedáků v rozích rámu. Celý průběh měření je řízen, monitorován a ukládán počítačem.

Výsledný výpočet je celková hodnota tepelného odporu. Pro získání skutečného tepelného odporu vzorku se musí odečíst hodnota tepelného odporu holé desky. Doba trvání měření je cca 45-75min. [17]

Rovnice pro tepelný odpor zkoušeného vzorku:

$$R_c = \frac{(T_s - T_a)}{Q/A} - R_{ct0} \quad (23)$$

Kde:

R_c - tepelný odpor zkoušeného vzorku [$m^2 \cdot K/W$]

T_s - teplota povrchu vytápěné desky [$^{\circ}C$]

T_a - teplota vzduchu proudícího tunelem podél vytápěné desky [$^{\circ}C$]

Q/A - tepelný tok procházející vytápěnou deskou zakrytou vzorkem textilie [W/m^2]

R_{ct0} - tepelný odpor holé desky [$m^2 \cdot K/W$]



Obr.14: Přístroj SGHP [18]

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V této části jsou uvedeny metody zjišťování tepelné propustnosti plošných textilií na přístrojích umístěných na KOD. Experimentální část je rozdělena do dvou částí. V první jsou popsány materiály, které byly použity při měření. Ve druhé části jsou uvedeny jednotlivé postupy měření tepelné propustnosti plošných textilií na vybraných přístrojích, výsledné hodnoty měření a jejich porovnání. Kromě toho je zde uvedena závislost tepelné propustnosti na tloušťce materiálu.

3.1 Rozbor materiálů

Pro experimenty byly použity čtyři druhy materiálů, které se používají na svrchní oblečení.

Materiál č.1- oblekovka: složení- 100% PES

vazba- plátňová

plošná hmotnost- 181,4 g/m²

Materiál č.2- kostýmovka: složení- 85% PES, 12% CV, 3% EL

vazba- keprová

plošná hmotnost- 236,9 g/m²

Materiál č.3- gabardén: složení- 97% CO, 3% EL

vazba- keprová

plošná hmotnost- 237,8 g/m²

Materiál č.4- denim: složení- 100% CO

vazba- keprová

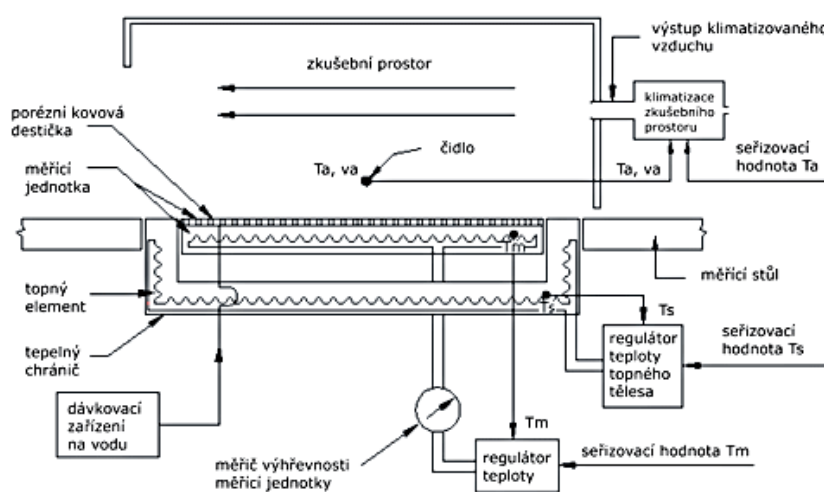
plošná hmotnost-243,7 g/m²

3.2 Jednotlivé metody zjišťování tepelné propustnosti

Pro zjištění tepelné propustnosti plošných textilií bylo zvoleno měření na přístrojích PSM-2 Skin-model pro zjišťování tepelné odolnosti, SDL M 259 Togmeter na měření tepelného odporu a Alambeta pro určení plošného odporu vedení tepla.

3.2.1 Měření na přístroji PSM-2 Skin-model

Měření na přístroji PSM-2 se provádí podle normy ČSN EN 31092. Princip měření je popsán v kapitole 2.4.5. Na obr.15 je schéma zkušební přístroje.



Obr.15: Přístroje PSM-2 [16]

Podmínky měření:

- teplota měřicí podložky T_m je 35°C
- relativní vlhkost vzduchu ϕ ve zkušebním prostoru je 65%
- rychlost proudění vzduchu je 1m/s
- teplota vzduchu T_a je nastavena 20°C

Jakékoliv odchylky od těchto parametrů vymezuje norma.

Klimatické podmínky v laboratoři: $t = 21^{\circ}\text{C}$

$$\phi = 63\%$$

Od každého druhu materiálu byly měřeny 3 vzorky. Klimatizovaný vzorek o rozměru 280x280mm se umístí rubem přes měřicí podložku.

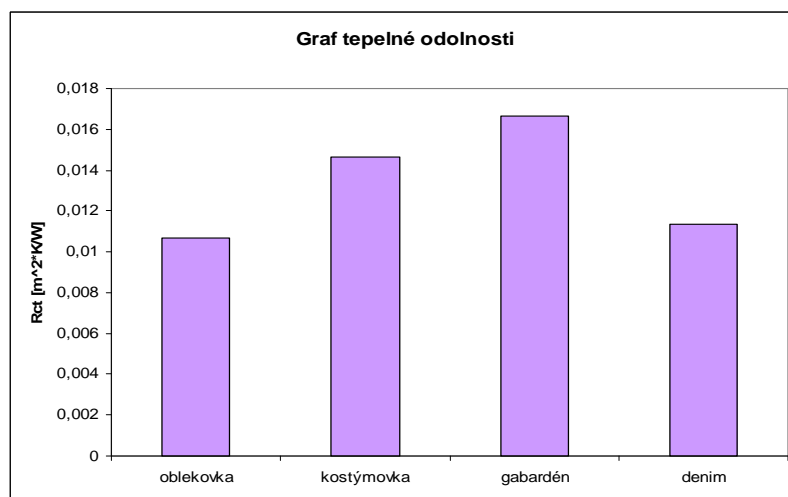
Před měřením vzorku probíhá temperance přístroje. Po jejím skončení se umístí vzorek do měřicího prostoru a poté probíhá znovu temperance (ustálení veličin) cca 15min. Po uběhnutí doby temperance dochází k vlastnímu měření tepelné odolnosti R_{ct} , které trvá 15min.

Výsledky měření jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab.1: Výsledky experimentu

R_{ct} [m^2K/W]	oblekovka	kostýmovka	gabardén	denim
1. měření	0,01	0,015	0,018	0,013
2. měření	0,012	0,015	0,016	0,01
3. měření	0,01	0,014	0,016	0,011
\bar{x}	0,010667	0,014666	0,016666	0,011333
s	0,001154	0,000577	0,001154	0,001527
v [%]	10,8	3,9	6,9	13,4

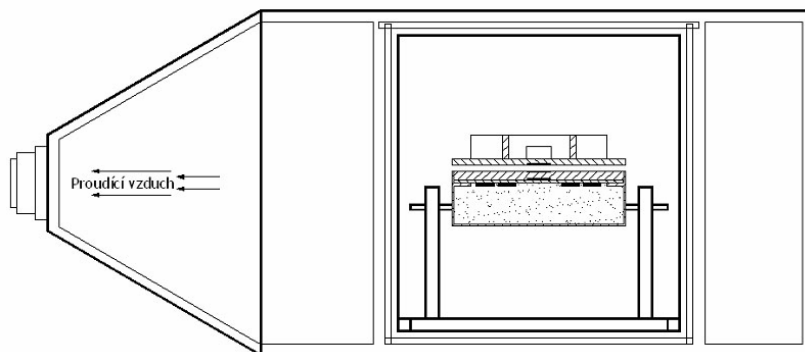
Z grafu 1 je vidět, že nejvyšší hodnota tepelného odporu je naměřena u materiálu č.3 (gabardén), materiál č.1 (oblekovka) má nepatrně nižší tepelný odpor než materiál č.4 (denim).



Graf 1: Hodnoty tepelné odolnosti R_{ct}

3.2.2 Měření na přístroji SDL M 259 Togmeter

Měření na přístroji Togmeter se provádí podle normy ISO 5085 část 1 (BS 4745). Obr.16 znázorňuje schéma přístroje. Pro zjištění tepelného odporu R_f byla použita metoda se dvěma deskami.



Obr.16: Přístroj Togmeter [15]

Klimatické podmínky v laboratoři: $t = 21^{\circ}\text{C}$

$\varphi = 63\%$

Od každého vzorku materiálu se prováděla dvě měření. Předem klimatizovaný kruhový vzorek o průměru 330mm, bez pomačkání a záhybů, se položí na spodní vyhřívanou desku přístroje, horní deska se přiloží na vzorek a pomocí třech tloušťkoměrů se nastaví tloušťka materiálu. Norma stanovuje, že přítlak horní desky je 6,9Pa, pro porovnání hodnot tepelného odporu mezi Togmetrem a Alambetou byl zvolen přítlak 200Pa.

Tloušťka materiálu při přítlaku 200Pa se zjistí na digitálním tloušťkoměru SDL M034 A umístěném na KOD. Zjištěná tloušťka je uvedena v tabulce č.2.

Tab.2: Tloušťka materiálu

	oblekovka	kostýmovka	gabardén	denim
Tloušťka [mm]	0,49	0,75	0,55	0,62
s [mm]	0,01	0,01	0	0
v [%]	2,1	1,35	0	0,79

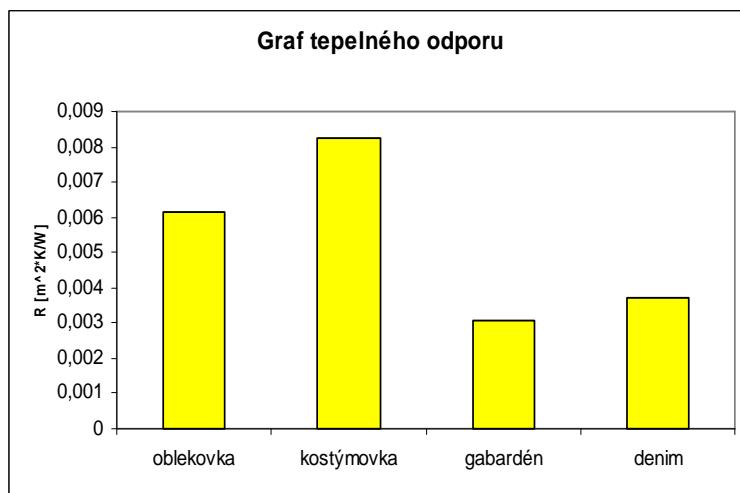
V tabulce č.3 jsou uvedeny hodnoty tepelného odporu R_f . K získání výsledného tepelného odporu je nutné odečíst tepelný odpor holé desky R_c . Výsledky měření jsou graficky znázorněny v grafu 2. Jedno měření trvá 3hodiny.

R_c holé desky – 0,027 2 m²K/W – převzato z DP Šárky Němcové.

Tab.3: Tepelný odpor R_f

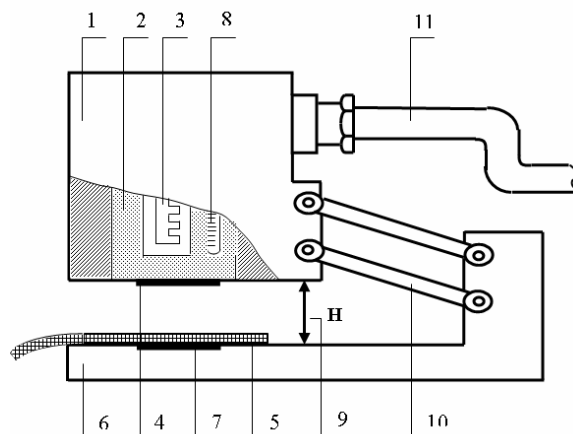
	1. měření			2. měření			R_f [m ² K/W]	s	v [%]
	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]			
oblekovka	37,1	31,1	29,3	37,3	31,2	29,4	0,006124	0,000389	6,3
kostýmovka	37,3	31,3	29,3	37,4	31,4	29,6	0,008265	0,002637	31,9
gabardén	37,4	31,3	29,6	37,4	31,3	29,7	0,003095	0,001298	41,9
denim	37,4	31,5	29,3	37,5	31,6	29,3	0,003716	0,000703	18,9

Z grafu 2 vyplývá, že největšího tepelného odporu dosáhl materiál č.2 (kostýmovka), nejnižší tepelný odpor byl naměřen u materiálu č.3 (gabardén).

Graf 2: Výsledné hodnoty tepelného odporu R_f

3.2.3 Měření na přístroji Alambeta

Měření na přístroji Alambeta se provádí podle interní normy 23-304-02/01, která stanovuje metodu měření tepelných vlastností textilií. Schéma přístroje je znázorněno na obr.17.



Obr.17: Přístroj Alambeta: 1- izolační kryt, 2- kovový blok, 3- topné těleso, 4- snímač tepelného toku, 5- vzorek textilie, 6- základna přístroje, 7- snímač tepelného toku, 8- teploměr, 10- paralelní vedení [5]

Před vlastním měřením je nutné nechat klesnout měřicí hlavici bez vložení vzorku materiálu, je to z důvodu nastavení tloušťky $h_0 = 0$ přístrojem samotným. Poté se vkládá vzorek o minimálním rozměru 100x100mm bez známek poškození na základnu přístroje rubem nahoru a dochází k vlastnímu měření.

Pro větší přesnost měření byl každý vzorek měřen 5x. Měřená data se zpracovávají počítačem a vyhodnocují statisticky. Přítlak hlavy na vzorek byl nastaven na 200Pa. Ze čtyř druhů materiálů nebyla změřena oblekovka. Důvodem je její malá tloušťka. Norma předepisuje, že tloušťka vzorku má být 0,5-0,8mm. Oblekovka toto rozmezí nesplňovala, její tloušťka byla menší než 0,5mm a tudíž nemohlo dojít k měření. V tabulce č.4 jsou uvedeny výsledky měření.

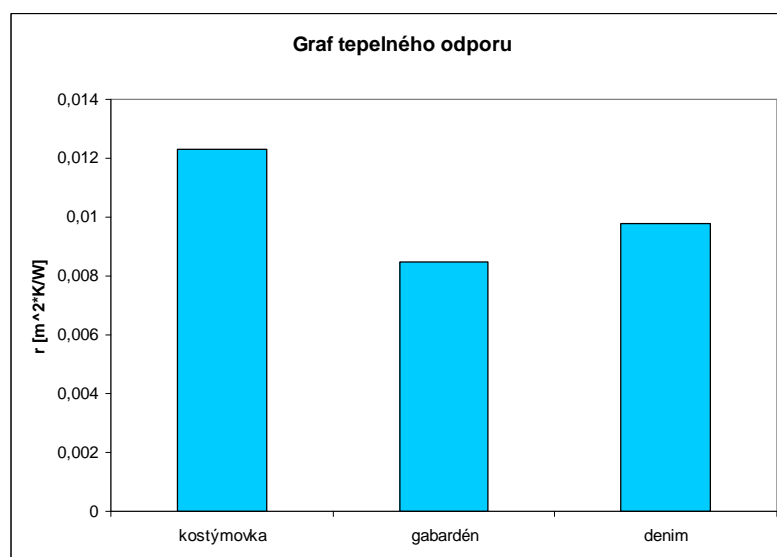
Klimatické podmínky v laboratoři: $t = 23^{\circ}\text{C}$

$\varphi = 55\%$

Tab.4: Naměřené tepelné vlastnosti textilií

	Tepelný odpor r [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]	Měrná tepelná vodivost λ [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$]	Tepelná jí mavost b [$\text{W}\cdot\text{s}^{1/2}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]	Tloušťka materiálu h [mm]
kostýmovka	0,0123	0,0503	152	0,72
gabardén	0,0085	0,0609	230	0,52
denim	0,0098	0,0614	223	0,60

Výsledné hodnoty jsou uvedeny grafu 3. Největší tepelný odpor byl naměřen u materiálu č.2 (kostýmovka), nejmenšího tepelného odporu dosáhl materiál č.3 (gabardén).

Graf 3: Tepelný odpor r

3.3 Tloušťka materiálu ve vztahu k tepelnému odporu

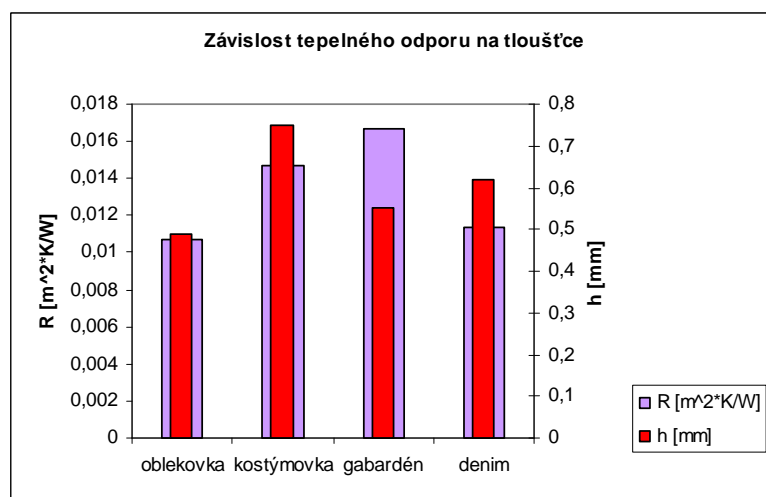
Závislost tepelného odporu na tloušťce materiálu je vyjádřena tím, že s větší tloušťkou roste tepelný odpor a naopak. Porovnává se závislost tepelného odporu zjištěná jednotlivými metodami s tloušťkou materiálu určenou z digitálního tloušťkoměru SDL M034 A.

Závislost tepelného odporu naměřená přístrojem PSM-2 na tloušťce je znázorněna v grafu 4. Z grafu vyplývá, že u všech použitých materiálů je tento předpoklad splněn. Neznamená to ale, že nejsilnější materiál má největší tepelný odpor. Přestože u materiálu č.3 (kostýmovka) je zjištěna největší tloušťka, nemá tento materiál největší tepelný

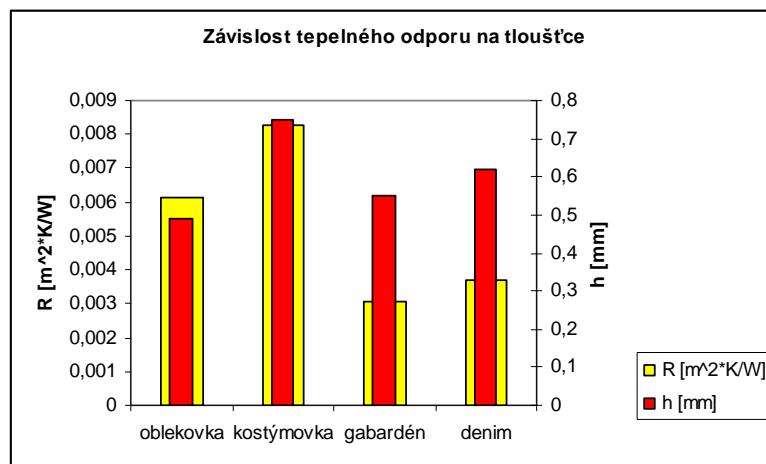
odpor. Opačný případ nastává u materiálu č.3 (gabardén), kde je naměřen největší tepelný odpor, ale tloušťka materiálu není nejvyšší.

Z grafu 5, kde byl porovnáván tepelný odpor naměřený z Togmetru s tloušťkou materiálu, je vidět závislost tepelného odporu na tloušťce materiálu ve všech případech. Největšího tepelného odporu i tloušťky dosáhl materiál č.2 (kostýmovka).

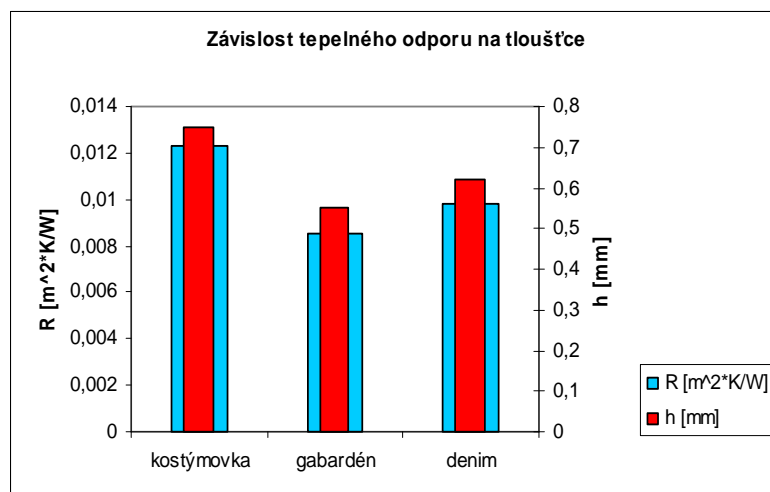
Graf 6 představuje tepelný odpor zjištěný Alambetou v závislosti na tloušťce materiálu. Porovnávány byly tři vzorky materiálů. I zde se vzrůstající tloušťkou stoupá tepelný odpor.



Graf 4: Tepelný odpor zjištěný přístrojem PSM-2 a jeho závislost na tloušťce materiálu



Graf 5: Vztah tloušťky materiálu a tepelného odporu zjištěného Togmetrem

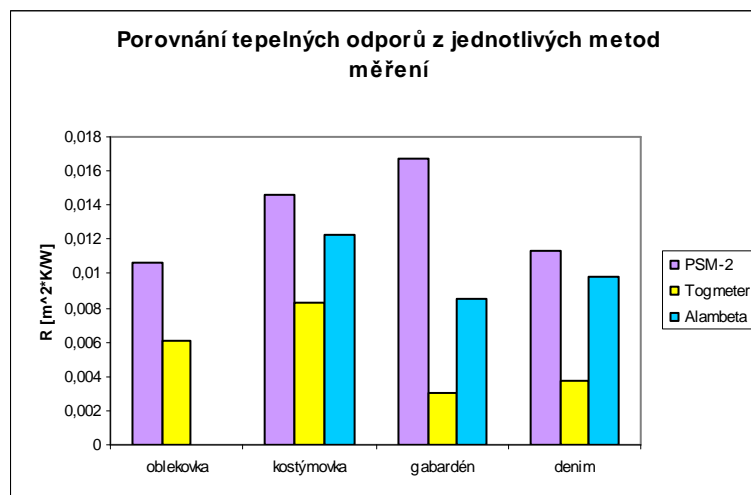


Graf 6: Tepelný odpor zjištěný Alambetou v závislosti na tloušťce materiálu

U všech metod měření tepelného odporu se projevila závislost této veličiny na tloušťce materiálu. Prokázalo se, že se zvyšující se tloušťkou roste tepelný odpor materiálu. Jenom v případě přístroje PSM-2 závislost tepelného odporu na tloušťce materiálu se neshoduje s ostatními výsledky. Tepelný odpor je tu nejvyšší, přičemž tloušťka materiálu patří mezi nejnižší.

3.4 Porovnání použitých metod

Jednotlivé metody hodnocení tepelné propustnosti se budou porovnávat pomocí tepelného odporu, který je možno změřit u všech vybraných přístrojů.



Graf 7: Porovnání tepelných odporů z jednotlivých přístrojů

Porovnáním naměřených tepelných odporů z grafu 7 je patrné, že přibližně shodnou závislost vykazují hodnoty naměřené na přístrojích Togmeter a Alambeta. Největší tepelný odpor je zjištěn u materiálu č.2 (kostýmovka), nejnižší u materiálu č.3 (gabardén). Hodnoty z přístroje PSM-2 se odlišují od výsledků naměřených ostatními přístroji. Nejvyšší hodnoty tepelného odporu z přístroje PSM-2 dosahuje materiál č.3 (gabardén), u zbývajících přístrojů je tato hodnota stejného materiálu nejnižší. Porovnání nemůže být úplné, protože chybí hodnota materiálu č.1 (oblekovka). Důvodem byla malá tloušťka tohoto materiálu.

Nejnižších hodnot tepelného odporu se dosáhlo na přístroji Togmeter, naopak nejvyšší hodnoty tepelného odporu jsou získány z přístroje PSM-2.

3.4.1 Výhody a nevýhody použitých přístrojů

➤ PSM-2 Skin-model

Jedná se o přístroj na měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám. Výhodou tohoto přístroje je to, že celé měření se řídí počítačovým softwarem, výsledky testů jsou konečné, nemusí se nic dopočítávat. Přístroj je nenáročný na obsluhu, také časová náročnost měření není vysoká.

Nevýhodou je velikost přístroje, zaujme větší prostor v laboratoři, která musí být klimatizovaná. K měření jsou potřebné vzorky materiálu větších rozměrů, což zapříčiní vyšší spotřebu materiálu.

➤ SLD M 259 Togmeter

Přístroj na měření tepelného odporu a tepelné vodivosti materiálu.

Mezi výhody se řadí nízká náročnost na obsluhu, nastavitelný přítlak horní desky a přesnost měření na $0,1^{\circ}\text{K}$.

Jako zápor se jeví to, že hodnoty z jednotlivých teplotních čidel se musí zapisovat ručně. Další nevýhodou je velikost zařízení, které vyžaduje klimatizované prostředí. K měření jsou nutné vzorky poměrně velkých rozměrů. Bezesporu sem patří i vysoká časová náročnost měření.

➤ Alambeta

Hlavní výhodou tohoto přístroje je to, že měří víc tepelných vlastností najednou. Není náročný na obsluhu, měřené hodnoty jsou statisticky vyhodnocovány. Doba trvání měření je krátká. K měření jsou potřebné vzorky malých rozměrů. Na rozdíl od výše popsanych přístrojů nevyžaduje klimatizované prostředí.

Nevýhodou se dá označit ruční zapisování výsledných hodnot, což je ale s ohledem na rok výroby pochopitelné.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala hodnocením metod měření tepelné propustnosti plošných textilií. Měření byla prováděna na přístrojích PSM-2 Skin-model, SDM L 259 Togmeter a Alambeta umístěných v laboratořích KOD. Pro experimenty byly použity materiály různého složení využívané na svrchní oblečení.

Na základě tepelných odporů zjištěných těmito přístroji se porovnávaly jednotlivé metody měření tepelné propustnosti. Hodnoty tepelných odporů stejných materiálů se z různých přístrojů liší. Určitou závislost tepelných odporů prokázaly materiály měřené na přístroji SDL M 259 Togmeter a Alambeta. Nejvyššího tepelného odporu dosáhl vzorek č.2 (kostýmovka), nejnižší získal materiál č.3 (gabardén). Rozdílných hodnot bylo dosaženo u přístroje PSM-2 Skin-model. U tohoto způsobu měření nejnižší tepelný odpor byl naměřen u vzorku č. 1 (oblekovka), naopak největší u materiálu č.3 (gabardén). Pro úplné porovnání chybí hodnota vzorku č.1 (oblekovka) z přístroje Alambeta. Příčinou byla nedostatečná tloušťka materiálu.

Závislost tepelného odporu na tloušťce materiálu se projevila u všech způsobů měření. S jistotou lze říci, že s větší tloušťkou materiálu roste tepelný odpor, tzn. materiál více izoluje. Z použitých materiálů nejlepšího výsledku dosáhl vzorek č.2 (kostýmovka).

Při zjišťování tepelné propustnosti plošných textilií jsem vycházela z předpokladu, že nejspolehlivější metodou určení tepelné propustnosti bude přístroj Togmeter. Důvodem byla časová náročnost testu a přesnost měření na $0,1^{\circ}\text{K}$. Po srovnání jednotlivých metod se domnívám, že určit nejpřesnější způsob měření není možné. Mám za to, že vytvoření referenčních vzorků pro způsoby měření, které jsou uvedeny v práci, a určení velikosti hodnot závislosti mezi nimi by tento problém vyřešilo.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SCHREIBER, M. A KOL. Funkční somatologie. 1.vyd. Praha: H&H, 1998. ISBN 80-86-022,28-5.
- [2] JANSKÝ, L. Vývojová fyziologie I.: Základy termoregulace. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 1990. ISBN 80-7066-240-9.
- [3] ROKYTA, R., MAREŠOVÁ, D., TURKOVÁ, Z. Somatologie II. 1. vyd. Praha: EUROLEX BOHEMIA, s.r.o., 2002. ISBN 80-86432-31-9.
- [4] RŮŽIČKOVÁ, D. Oděvní materiály. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003. ISBN 80-7083-682-2.
- [5] HES, L., SLUKA, P. Úvod do komfortu textilií. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0.
- [6] http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Ste/Odvod%20vlhkosti%20a%20tepla.pdf
- [7] DELLJOVÁ, R.A., AFANASJEVOVÁ, R.F., ČUBAROVÁ, Z.S. Hygiena odívání. Praha: SNTL, 1984.
- [8] http://www.kod.vslib.cz/info_predmety/Om/prednasky/prednaska_1_viera_1.pdf
- [9] interní norma č. 23-304-01/01
- [10] návod na obsluhu přístroje PSM-2 Skin-model
- [11] norma ČSN EN 310 92
- [12] návod na obsluhu přístroje SDL M 259 Togmeter
- [13] norma ISO 5085-1
- [14] SUCHOMELOVÁ, L. Fyziologické vlastnosti oděvních materiálů a porovnání metod hodnocení a zkušebních přístrojů. Liberec, 2006.
- [15] <http://krakatice.kod.tul.cz/frvs2025/?chap=5&pg=2>
- [16] <http://krakatice.tul.kod.cz/frvs2025/?=4&pg=2>
- [17] návod na obsluhu přístroje SGHP-8.2
- [18] http://www.mtnw-usa.com/pdf/Sweating_Hotplate.pdf
- [19] <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/ZKT2dil.pdf>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1- Vzorník použitých materiál

Příloha č.1

Vzorník použitých materiálů

Materiál č.1- oblekovka:

složení- 100% PES

vazba- plátňová

plošná hmotnost- 181,4 g/m²



Materiál č.2- kostýmovka:

složení- 85% PES, 12% CV, 3% EL

vazba- keprová

plošná hmotnost- 236,9 g/m²



Materiál č.3- gabardén:

složení- 97% CO, 3% EL

vazba- keprová

plošná hmotnost- 237,8 g/m²



Materiál č.4- denim:

složení- 100% CO

vazba- keprová

plošná hmotnost-243,7 g/m²

